اولویت‌بندی بازسازی قنات‌ها با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) ؛ مطالعه موردی خراسان‌جنوبی

مجتبی حسن‌پور[۱]، حسین خزیمه‌نژاد[۲] عباس خاشعی سیوکی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵

چکیده

سیستم استحصال از آب‌های زیرزمینی با استفاده از قنات‌ها به همان شکلی که درگذشته ابداع شده، با کم‌ترین تغییرات به صورت سنتی طی سالیان متمادی مورد استفاده قرارگرفته است، همگام با پیشرفت تکنولوژی هیچ‌گونه تحول اساسی در بازسازی قنات‌ها صورت نگرفته است. از سوی دیگر هر ساله از محل اعتبارات دولتی، مبالغ قابل توجهی در جهت احیاء و مرمت قنات‌ها هزینه می‌شود ولی به علت عدم اطلاعات کافی در این خصوص، قنات‌هایی مورد بازسازی و مرمت قرار گرفته‌اند که در اولویت بازسازی نبوده‌اند. در این پژوهش، بازسازی قنات‌ها از دو دیدگاه مدیریتی و فنی مورد بررسی قرار گرفت. در هر دیدگاه، ۱۰ قنات در گروه قنات‌های دشتی و ۱۰ قنات در گروه قنات‌های کوهستانی با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) با استفاده از نرم‌افزار Super Decisions جهت بازسازی اولویت‌بندی شدند. شاخص‌های استفاده شده برای قنات‌ها شامل دبی، طول، عمق، کیفیت شیمیایی، بارندگی، فاصله از مسیر آبراهه، جمعیت و سطح زیرکشت بودند. در این پژوهش، روش جدید علمی، جهت اولویت‌بندی بازسازی قنات‌ها معرفی گردید. همچنین با روش مورد استفاده در پژوهش حاضر، قنات‌هایی در اولویت بازسازی قرار می‌گیرند که با هزینه تخصیص یافته می‌توانند به آبدهی مطلوب برسند. در این پژوهش در روش ANP، قنات بشرویه در گروه قنات‌های دشتی از دو دیدگاه مدیریتی و فنی به ترتیب با وزن ۰/۱۵۹ و ۰/۱۶۴ و در گروه قنات‌های کوهستانی، قنات درمیان در هر دو دیدگاه مدیریتی و فنی به ترتیب با وزن ۰/۲۴۷ و ۰/۲۰۲ در اولویت بازسازی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی بازسازی، فنی، قنات، مدیریتی، ANP

[۱] کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران_ خراسان رضوی، شهرستان گناباد، بلوار ولیعصر(عج)، خیابان قائم ۰۹۱۵۸۳۶۲۴۳۱-۰۵۱۵۷۲۵۰۱۲۳ ، mbohlool69@yahoo.com

[۲] استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، ۰۵۶۳۲۲۵۴۰۴۱-۵۰ hkhozeymeh@birjand.ac.ir (مسئول مکاتبه)

[۳] استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، ۰۵۶۳۲۲۵۴۰۴۱-۵۰ abbaskhashei@birjand.ac.ir

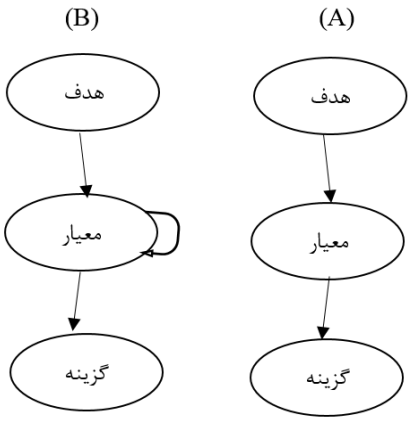
مقدمه

ایران با دارا بودن حدود ۳۶ هزار رشته قنات فعال، بیشترین تعداد قنات را در مقایسه با سایر کشورهای صاحب قنات دارا می‌باشد. این قنات‌ها سالیانه حدود هفت میلیارد مترمکعب آب زیرزمینی را به طور عمده در اختیار بخش کشاورزی قرار می‌دهند (رنجبرنائینی و همکاران، ۱۳۹۳).

قنات همواره به عنوان یکی از مهمترین دستاوردهای بشر برای دستیابی به آب در مناطق کویری شناخته می‌شود، لذا حفظ و نگهداری از آن در طول تاریخ همواره مورد توجه انسان بوده و برای حفر و حفاظت از آن از ابزارآلات بسیاری بهره گرفته است (مهدی‌زاده اردکانی، ۱۳۹۳:۱). فن قنات‌سازی یکی از درخشان‌ترین فنون، و یک اختراع بسیار مدبرانه ایرانی است (مالکی و خورسندی، ۱۳۸۴) که با شیبی کمتر از شیب سطح زمین، آب موجود در لایه‌های آبدار مناطق مرتفع زمین یا رودخانه‌ها را به کمک نیروی ثقل و بدون کاربرد نیروی کشش و هیچ نوع انرژی الکتریکی یا حرارتی، با جریان طبیعی جمع‌آوری می‌کند (حائری، ۱۳۸۶).

تکنیک فرایند شبکه تحلیلی (ANP[1])

چند سالی است در علم تصمیم‌گیری که در آن انتخاب یک راهکار از بین راهکارهای موجود و یا اولویت‌بندی راهکارها مطرح است، روشهای جدید تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه جای خود را باز کرده‌اند. از این میان روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[2]) بیش از سایر روش‌ها در علم مدیریت مورد استفاده قرار گرفته است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره است که اولین بار توسط ساعتی در سال ۱۹۷۰ ابداع گردید. فرایند تحلیل سلسله مراتبی منعکس‌کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک، مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آن‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده به حل آن می‌پردازد (قدسی پور، ۱۳۸۱). البته بعضی از مسائل تصمیم‌گیری نمی‌توانند ساختار سلسله مراتبی داشته باشند زیرا وابستگی‌های درونی و بیرونی بر روی خوشه‌ها و یا همان معیارها و گزینه‌ها تاثیر می‌گذارند. تکنیک ANP یک روش مناسب برای این گونه مسائل می‌باشد. تکنیک ANP یک چارچوب عمومی برای اخذ تصمیمات فراهم می‌آورد بدون اینکه فرض غیرواقعی استقلال عناصر سطح بالاتر به عناصر سطح پایین‌تر و یا استقلال عناصر در یک سطح را در مسأله وارد نماید. در واقع ANP از یک شبکه به جای سلسله مراتب استفاده می‌نماید (Saaty, 1990). تکنیک فرایند شبکه تحلیلی یا ANP نیز اولین بار توسط ساعتی معرفی گردید و در سال ۱۹۹۶ آن را توسعه داد و یک کتاب با نام فرایند شبکه تحلیلی منتشر نمود. در این روش به جای ساختار سلسله مراتبی از ساختار شبکه‌ای برای بیان ارتباطات میان عناصر تصمیم استفاده شده است. در واقع ANP حالت عمومی AHP و شکل گسترده آن محسوب می‌شود که در آن موضوعات با وابستگی متقابل و بازخورد آن‌ها را می‌توان در نظر گرفت (زبردست، ۱۳۹۰). تفاوت ساختار AHP و ANP در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل(۱): ساختار سلسله مراتبی(A) و تحلیل شبکه‌ای (B)، مأخذ بر اساس (Saaty, 1999)

1 - Analytic Network Process
2 - Analytic Hierarchy Process

نهادهای دولتی متولی قنات

وزارت نیرو و وزارت جهادکشاورزی دو نهاد متولی قنات می‌باشند. وزارت نیرو در مورد حفر یا توسعه قنات تصمیم‌گیری می‌نماید و در مورد نگهداری و بازسازی قنات‌ها، وزارت جهاد کشاورزی صاحب تصمیم می‌باشد. اعتبارات جهاد کشاورزی به گونه‌ای است که ۸۵ درصد آن به صورت بلاعوض از سوی دولت تأمین می‌شود و ۱۵ درصد باقیمانده به صورت خودیاری توسط مالکان قنات تأمین می‌شود (سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی).

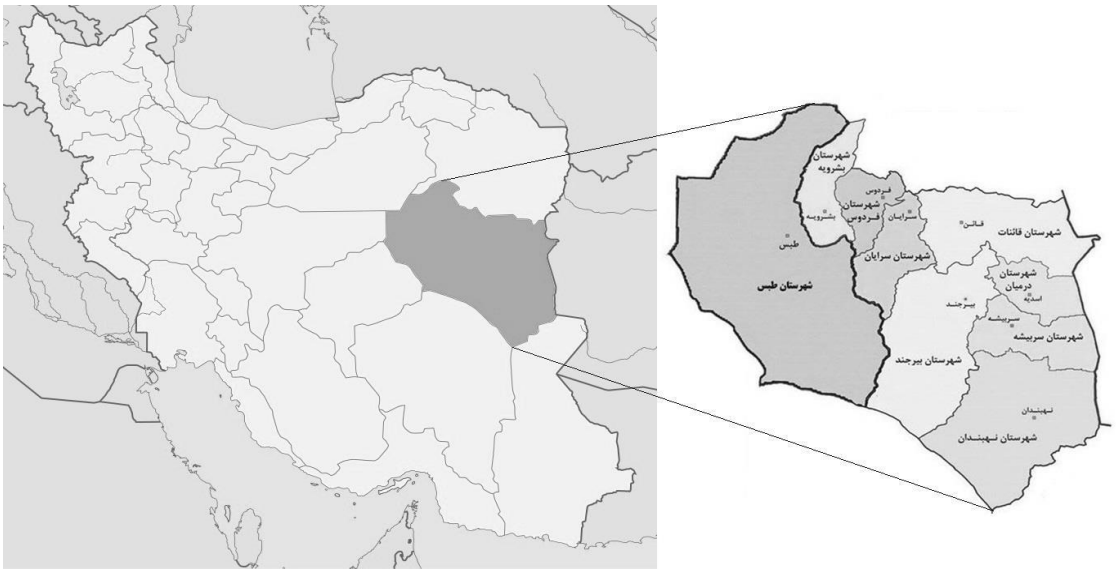
در استان خراسان جنوبی از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ بالغ بر دو هزار رشته قنات در استان بازسازی شده است. اعتبار هزینه شده برای احیاء و مرمت این قنات‌ها ۲۰۰ میلیارد ریال اعلام شده است (سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی). در حال حاضر مراجعه متوالی مالکان قنات، اعلام آمادگی و مشارکت از سوی مالکان و اینکه تاکنون هیچ اقدامی برای احیاء در قنات انجام نشده باشد، از اولویت‌های تخصیص اعتبار برای احیاء و مرمت قنات‌ها می‌باشد. هر ساله از اعتبارات دولتی، مبالغ قابل توجهی در امر احیاء و مرمت قنات‌ها هزینه می‌شود ولی با توجه به اینکه هیچ معیار مشخصی جهت بازسازی قنات وجود ندارد و همچنین مباحث علمی و کارشناسی در این خصوص کمتر صورت گرفته، لذا ضرورت ایجاب می‌کند راه‌حلی مناسب جهت جلوگیری از هدررفت اعتبارات تخصیص یافته ارائه شود.

بررسی‌ها نشان داد که که در موضوع اولویت‌بندی بازسازی قنات‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری نوین تاکنون تحقیقی صورت نگرفته است. یکی از مشکلاتی که در حال حاضر برای بازسازی قنات‌ها وجود دارد این است که گاهی قنات‌هایی مورد بازسازی قرار می‌گیرند که واقعاً در اولویت بازسازی نیستند. این امر باعث از بین رفتن سرمایه‌های ملی، بی اعتمادی مالکین قنات‌ها به نهادهای مربوطه، ناعدالتی و غیره شود. در این پژوهش به کمک دانش و تجربیات افراد متخصص و با استفاده از روش‌های نوین تصمیم‌گیری به اولویت‌بندی بازسازی قنات‌های خراسان جنوبی پرداخته شد تا با هدفمندی هزینه‌ها به احیاء و مرمت کارآمد دست پیدا شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خراسان جنوبی به مرکزیت شهر بیرجند دارای مساحتی بالغ بر ۸۲۸۶۶ کیلومتر مربع بین مدار جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۷ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است (شکل۲).



شکل(۲): موقعیت استان خراسان جنوبی

بر اساس آمار منابع آبی سال ۱۳۸۹ استان خراسان‌جنوبی دارای ۶۰۰۶ رشته قنات با دبی تخلیه مجموع ۲۴۳/۳۸ میلیون متر مکعب در سال می‌باشد. که در سال ۱۳۹۰ قراردادی بابت شناسایی قنات‌های ثبت نشده منعقد گردید و حدود ۱۰۰۰رشته دیگر پیش‌بینی می‌شود به این آمار افزوده گردد و به ۷۰۰۰ رشته برسد (سازمان جهاد کشاورزی خراسان جنوبی).

در این پژوهش اولویت‌بندی بازسازی قنات‌های خراسان جنوبی از دو دیدگاه مورد بررسی قرار گرفت. کارشناسان خبره قنات معتقدند در بحث بازسازی قنات‌ها دو دیدگاه وجود دارد: دیدگاه فنی و مدیریتی. قنات‌های مورد بررسی در این پژوهش از نوع قنات‌های دائمی می‌باشد، ضمن اینکه قنات‌هایی که در محدوده مناطق ممنوعه قرار داشتند نیز از جمع قنات‌های مورد مطالعه حذف شدند.

دیدگاه مدیریتی

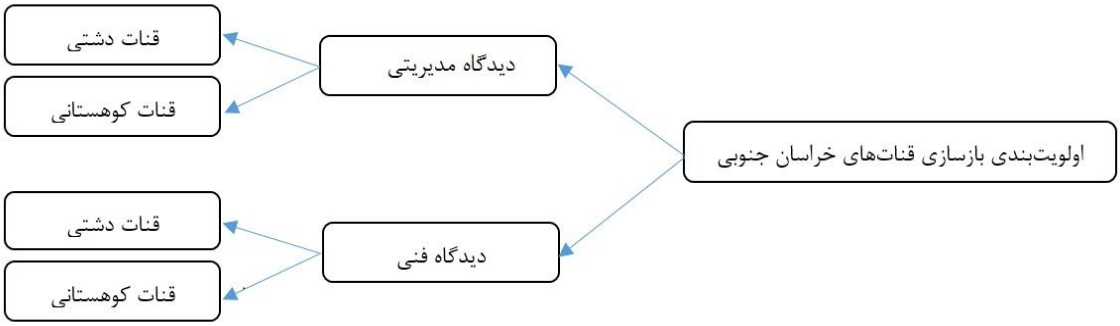
در این دیدگاه هدف افزایش آبدهی با استفاده از منابع مالی موجود است و بنابراین قنات‌هایی در اولویت بازسازی قرار می‌گیرند که با صرف هزینه صورت‌گرفته زودتر به آبدهی مطلوب برسند. در این دیدگاه علاوه بر ویژگی‌های قنات، ویژگی‌های پیرامونی آن یعنی جمعیت و سطح زیرکشت نیز در نظر گرفته می‌شود. بر اساس این دیدگاه، دبی بالاتر، جمعیت بیشتر، کیفیت شیمیایی بهتر، بارندگی و سطح زیرکشت بیشتر ارجحیت دارد و در مورد طول و عمق هر چه این پارامترها کمتر باشد ارجحیت دارد زیرا با هزینه کمتر می‌توان قنات را احیاء نمود. در خصوص فاصله از مسیر آبراهه، هرچه مسیر قنات از آبراهه فاصله داشته باشد ارجحیت دارد زیرا با ایجاد سیلاب بر اثر بارندگی احتمال تخریب قنات و همچنین رسوب‌گذاری کاهش می‌یابد.

دیدگاه فنی

در این دیدگاه فقط ویژگی‌های فنی قنات مد نظر است. در این دیدگاه قنات‌هایی در اولویت بازسازی قرار می‌گیرند که در آینده به عنوان یک منبع آبی پایدار مطرح باشند. بر اساس این دیدگاه دبی بالاتر، کیفیت شیمیایی بهتر و بارندگی بیشتر ارجحیت دارد و در مورد طول و عمق هم نظر بر این است که عمق و طول بیشتر ارجحیت دارد زیرا قناتی با این دو ویژگی از پایداری و اطمینان بیشتری برخوردار است. در خصوص فاصله از مسیر آبراهه، فاصله کمتر ارجحیت دارد زیرا اگر قنات در مسیر آبراهه (که

معمولاً در خطالقعر قرار دارد) یا نزدیک آن باشد، سیلاب‌ها به سمت منطقه تغذیه و مسیر قنات هدایت می‌شود.

در این پژوهش برای بررسی دقیق‌تر، قنات‌ها به دو گروه قنات‌های دشتی و قنات‌های کوهستانی تقسیم شدند. نمودار اولویت‌بندی بازسازی قنات‌ها در شکل ۳ آمده است.



شکل(۳): نمودار اولویت‌بندی بازسازی قنات‌های خراسان جنوبی

در این پژوهش تعداد ۲۰ قنات از قنات‌های دائمی در استان خراسان جنوبی که دبی بالاتری دارند جهت اولویت‌بندی بازسازی، مورد بررسی قرار گرفتند. بیشتر این قنات‌ها در قسمت شرق و شمال خراسان‌جنوبی واقع شده‌اند. همان‌گونه که پیشتر عنوان شد دو دیدگاه مدیریتی و فنی جهت بازسازی مد نظر قرار گرفت. در هر دیدگاه ۱۰ قنات در گروه دشتی و ۱۰ قنات در گروه کوهستانی اولویت‌بندی می‌شوند (جداول ۱و ۲). علت انتخاب ۱۰ قنات این است که اگر تعداد از این مقدار بیشتر شود ضمن بالا رفتن حجم محاسبات، دقت کار نیز به علت کثرت قنات‌ها کاهش می‌یابد. بیشترین کاربرد این روش برای اولویت‌بندی قنات‌های یک محدوده خاص می‌باشد.

جدول (۱): مشخصات قنات‌های دشتی

ردیف	نام قنات-شهرستان	بازدهی (میلی‌متر)	جمعیت (نفر)	دبی (لیتر بر ثانیه)	سطح زیر کشت (هکتار)	طول (متر)	عمق (متر)	فاصله از مسیر آبراهه (متر)	کیفیت شیمیایی (میکروموس بر سانتی‌متر)
۱	بشروئیه-بشروئیه	۱۲۰	۱۳۷۷۸	۴۵	۵۰	۱۲۰۰	۳۰	درمسیر	۷۸۰
۲	حاجی آباد-بیرجند	۱۵۰	۱۸۲۱	۴۰	۸۰	۶۴۰۰	۵۰	۶۰۰	۷۰۷۰
۳	حاجی آباد-نهبندان	۱۵۰	۳۲	۴۰	۴۰	۱۵۰۰	۱۵	درمسیر	۶۷۱۰
۴	محمدآباد-درمیان	۱۵۰	۷۶۰	۳۵	۱۲۰	۶۵۰۰	۴۰	۳۰۰۰	۲۷۸۰
۵	طبسین سفلی-نهبندان	۷۰	۹۲۵	۳۴	۳۵	۷۰۰۰	۴۰	۴۰۰	۶۲۲۰
۶	علی آباد-درمیان	۱۶۰	۴۳۶	۳۳	۱۶۰	۵۳۰۰	۹۰	۳۰۰۰	۴۸۸۰
۷	نوغاب-درمیان	۱۷۰	۳۳۹۰	۳۲	۵۰	۴۴۵۰	۵۵	درمسیر	۶۸۱۰
۸	ابوالخیری-قاین	۲۶۰	۳۸	۳۰	۳۰	۳۰۰۰	۴۰	۱۰۰۰	۱۴۲۰
۹	احمدآباد-درمیان	۱۵۰	۴۳۰	۲۹	۱۴۰	۳۰۰۰	۳۸	۱۷۰۰	۲۰۱۰
۱۰	حاجی آباد- قاین	۲۵۰	۶۵۰	۱۴	۳۰	۲۰۰۰	۳۰	۴۰۰	۴۷۰۰

جدول (۲): مشخصات قنات‌های کوهستانی

ردیف	نام قنات-شهرستان	بارندگی (میلی‌متر)	جمعیت (نفر)	دبی (لیتر بر ثانیه)	سطح زیر کشت (هکتار)	طول (متر)	عمق (متر)	فاصله از مسیر آبراهه (متر)	کیفیت شیمیایی (میکروموس بر سانتی‌متر)
۱	ارسک-بشروئیه	۱۳۰	۳۶۶۲	۳۴	۳۵	۴۰۰	۷/۵	۲۰۰۰	۲۴۲۰
۲	درمیان-درمیان	۲۲۰	۴۸۳۹	۳۲	۲۰۰	۱۰۰۰	۵۵	درمسیر	۱۰۲۰
۳	اردکول-قاین	۱۷۵	۴۴۵	۲۷	۸۰	۱۰۰	۵	۱۲۰۰	۴۰۰
۴	خوان-درمیان	۱۸۰	۴۴۶	۱۶	۵۷	۲۸۴	۸	درمسیر	۱۱۱۰
۵	آپو-سرایان	۲۷۵	۲۶۶۳	۱۵	۱۰	۲۵۰	۱۰	درمسیر	۲۸۵
۶	باراز-قاین	۲۵۰	۷۲۸	۱۴/۵	۶۰	۳۰۰	۱۲	۶۰۰	۳۹۰
۷	کنگان-سربیشه	۲۰۰	۱۶۰	۱۴	۱۰	۵۷۴	۱۶	درمسیر	۶۳۰
۸	گریمنج-قاین	۲۰۰	۱۲۳۵	۱۳	۶۰	۵۰۰	۱۷	۳۵۰	۱۴۶۰
۹	قنبر-سربیشه	۱۷۰	۸۶	۱۲	۱۵	۵۰۰	۱۰	۶۰۰	۵۱۰۰
۱۰	ششتوک-فردوس	۲۲۰	۹۴	۱۰	۳۰	۸۰۰	۱۷	درمسیر	۸۲۰

پارامترهای مؤثر در اولویت‌بندی قنات‌ها

لازم به ذکر است با توجه به اینکه تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در این زمینه صورت نگرفته است، با نظر کارشناسان پارامترهای زیر انتخاب گردید.

بارندگی، جمعیت، دبی، سطح، زیرکشت، طول، عمق، فاصله از مسیر آبراهه وکیفیت شیمیایی آب

این شاخص‌ها توسط ۳۰ کارشناس خبره قنات امتیازدهی و از امتیازدهی‌های صورت گرفته میانگین هندسی گرفته شد. میانگین گرفته شده به عنوان امتیاز اصلی در ماتریس قرار گرفته و محاسبات شاخص‌ها بر اساس روابط آماری تعیین گردید. همچنین جهت تعیین صحت محاسبات میزان نرخ ناسازگاری، مقدار شاخص ناسازگاری و شاخص تصادفی تعیین شد که این مقدار در محاسابات بایستی کمتر از ۰/۱ باشد. در پژوهش حاضر از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شد.

اولویت‌بندی بازسازی قنات‌ها با استفاده از تکنیک فرایند شبکه تحلیلی ANP

لازم است در این مرحله با توجه به ساختار شبکه‌ای مدل (شکل۱) ساختار کلی سوپرماتریس یا همان سوپرماتریس اولیه تشکیل شود (جدول ۳).

جدول(۳): ساختار شبکه‌ای مدل

	معیار	هدف
هدف	۰	۰
معیار	W_{21}	W_{22}

مقایسه دودویی معیارهای اصلی ماتریس

مقایسه دودویی معیارهای اصلی بر اساس مقیاس ۹ کمیتی انجام می‌شود. نتیجه مقایسه دودویی معیارهای اصلی و همچنین بردار ویژه آن یعنی وزن معیارها (W_{21}) در ادامه به صورت ماتریس آورده شده است (جدول ۴ و ۵).

جدول(۴): ماتریس وزن معیارهای دیدگاه فنی(براساس فرایند سلسله مراتبی)

$W_{21}=$

طول	۰/۰۳۹
عمق	۰/۰۹۱
دبی	۰/۴۴۸
کیفیت شیمیایی	۰/۱۶۳
فاصله از مسیر آبراهه	۰/۰۵۸
بارندگی	۰/۲۲۰

جدول(۵): ماتریس وزن معیارهای دیدگاه مدیریتی (براساس فرایند سلسله مراتبی)

$W_{21}=$

طول	۰/۰۱۹
عمق	۰/۰۴۱
دبی	۰۳۴۱
کیفیت شیمیایی	۰/۰۷۸
فاصله از مسیر آبراهه	۰/۰۲۷
بارندگی	۰/۱۰۰
سطح زیرکشت	۰/۲۲۸
جمعیت	۰/۱۶۶

مقایسه دودویی وابستگی درونی معیارهای اصلی ماتریس(W_{22})

برای درک وابستگی‌های متقابل بین معیارهای اصلی، مقایسه دودویی بین معیارهای اصلی برای بدست آوردن عناصر مربوط ماتریس(W_{22}) با استفاده از مقیاس ۹ کمیتی انجام می‌شود. برای نحوه محاسبه ضریب اهمیت هریک از معیارهای اصلی، مقایسه دودویی معیارهای اصلی ۷ گانه در دیدگاه مدیدیتی (۵ گانه در دیدگاه فنی) با کنترل معیار اولی یعنی طول انجام می‌گیرد. نحوه سؤال کردن در ضریب اهمیت به عنوان مثال به این صورت است که اهمیت نسبی معیار عمق به معیار دبی وقتی که معیار طول کنترل شود، چقدر است؟

به همین ترتیب ۷ ماتریس دیگر در دیدگاه مدیریتی و ۵ ماتریس دیگر در دیدگاه فنی، تشکیل می‌شود.

پس از تشکیل ماتریس‌ها، مقادیر آنها درسوپر ماتریس (W_{22}) قرار داده می‌شوند (جداول۶ و ۷). با با تلفیق ماتریس (W_{21}) و ماتریس (W_{22})، سوپرماتریس ناموزون بدست می‌آید.

جدول (۶): ماتریس دودویی وابستگی درونی معیارهای اصلی در دیدگاه فنی

$W_{22}=$

	فاصله از مسیر آبراهه	کیفیت شیمیایی	بارندگی	دبی	عمق	طول
طول	۰/۰۳۱	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۴۰	۰/۰۲۸	۰
عمق	۰/۰۶۶	۰/۰۸۳	۰/۰۹۶	۰/۱۲۹	۰	۰/۰۶۴
دبی	۰/۵۱۴	۰/۵۳۲	۰/۵۹۰	۰	۰/۵۳۵	۰/۵۰۱
بارندگی	۰/۲۵۲	۰/۲۹۰	۰	۰/۴۳۶	۰/۲۴۷	۰/۲۵۴
کیفیت شیمیایی	۰/۱۳۶	۰	۰/۲۱۹	۰/۳۰۳	۰/۱۴۰	۰/۱۳۹
فاصله از مسیر آبراهه	۰	۰/۰۵۷	۰/۰۵۴	۰/۰۶۴	۰/۰۲۶	۰/۰۴۱

جدول(۷): ماتریس دودویی وابستگی درونی معیارهای اصلی در دیدگاه مدیریتی

$W_{22}=$

	سطح زیرکشت	جمعیت	بارندگی	فاصله از مسیر آبراهه	کیفیت شیمیایی	دبی	عمق	طول
طول	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۲۲	۰/۰۳۲	۰/۰۲۲	۰
عمق	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۴۸	۰/۰۴۲	۰/۰۶۰	۰	۰/۰۳۶
دبی	۰/۴۰۴	۰/۴۰۶	۰/۴۰۵	۰/۳۷۲	۰/۳۶۵	۰	۰/۳۵۱	۰/۳۰۲
کیفیت شیمیایی	۰/۰۸۳	۰/۰۹۰	۰/۱۳۳	۰/۱۱۵	۰	۰/۰۷۲	۰/۰۶۰	۰/۰۹۲
فاصله از مسیر آبراهه	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۸	۰	۰/۰۳۳	۰/۰۴۸	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶
بارندگی	۰/۱۴۶	۰/۱۴۳	۰	۰/۱۰۲	۰/۱۶۱	۰/۲۳۲	۰/۱۵۹	۰/۰۹۳
جمعیت	۰/۲۴۹	۰	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۵۲	۰/۲۱۷	۰/۱۵۶	۰/۱۷۱
سطح‌زیرکشت	۰	۰/۲۴۰	۰/۲۴۲	۰/۲۲۸	۰/۲۳۰	۰/۳۳۴	۰/۲۱۶	۰/۲۶۷

برای تبدیل سوپرماتریس ناموزون به سوپرماتریس موزون باید سوپرماتریس ناموزون را در ماتریس خوشه‌ای ضرب کرد. ماتریس خوشه‌ای میزان تأثیرگذاری هریک از خوشه‌ها برای دستیابی به اهداف مطالعه را منعکس می‌کند. ماتریس خوشه‌ای از مقایسه دودویی خوشه‌ها در چارچوب ساختار سوپرماتریس اولیه (ناموزون) حاصل می‌شود. خوشه‌های ستونی غیرصفر سوپرماتریس اولیه با خوشه‌های دیگر در آن ستون، باید مورد مقایسه دودویی قرار بگیرند تا بردار اهمیت هر یک از خوشه-های ستونی بدست آمده و نهایتاً با درکنار هم گذاشتن اهمیت هریک از خوشه‌ها، ماتریس خوشه‌ای بدست‌آید. (جدول۸).

جدول(۸) : ماتریس خوشه‌ای

	معیار	هدف
هدف	۰	۰
معیار	۱	۱

محاسبه سوپرماتریس موزون

حال برای بدست آوردن سوپرماتریس موزون، هریک از عناصر خوشه‌های ستونی سوپرماتریس موزون در بردار اهمیت نسبی آن خوشه (از ماتریس خوشه‌ای) باید ضرب شود. سوپرماتریس موزون بدست آمده تصادفی/ احتمالی است. یعنی، جمع عناصر ستونی آن یک است. با توجه به ضرایب موجود، ماتریس موزون همانند ماتریس ناموزون بدست آمد.

محاسبه سوپرماتریس حد

هدف از به حد رساندن ماتریس موزون این است که تأثیر نسبی دراز مدت هر یک از عناصر آن در یکدیگر حاصل شود. برای این کار سوپرماتریس موزون به توان K که یک عدد اختیاری بزرگ است، رسانده می‌شود تا اینکه همه عناصر سوپرماتریس باهم برابر شوند این کار با تکرار انجام می‌شود. در چنین حالتی ماتریس حد بدست می‌آید. در پژوهش حاضر در توان ۱۵ سوپرماتریس موزون، سوپرماتریس حد بدست آمد (جداول۹ و ۱۰). لازم به ذکر است که اگر مقایسه دودویی ارجحیت معیارها نسبت به گزینه‌ها در نظر گرفته شود تغییر چندانی در وزن‌های نهایی برای هر معیار مشاهده نمی‌شود.

جدول(۹): سوپرماتریس حد دیدگاه فنی

معیارها						هدف		
فاصله از مسیر آبراهه	کیفیت شیمیایی	بارندگی	دبی	عمق	طول			هدف
۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	طول	
۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	۰/۰۹۳	عمق	
۰/۳۵۶	۰/۳۵۶	۰/۳۵۶	۰/۳۵۶	۰/۳۵۶	۰/۳۵۶	۰/۳۵۶	دبی	
۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	بارندگی	معیارها
۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	کیفیت شیمیایی	
۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	فاصله از مسیر آبراهه	

جدول (۱۰): سوپرماتریس حد دیدگاه فنی

معیارها									هدف	
سطح زیرکشت	جمعیت	بارندگی	فاصله از مسیر آبراهه	کیفیت شیمیایی	دبی	عمق	طول			هدف
۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸	طول	۰/۰۲۸	
۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	۰/۰۵۳	عمق	۰/۰۵۳	
۰/۲۷۹	۰/۲۷۹	۰/۲۷۹	۰/۲۷۹	۰/۲۷۹	۰/۲۷۹	۰/۲۷۹	۰/۲۷۹	دبی	۰/۲۷۹	
۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	۰/۰۸۱	کیفیت شیمیایی	۰/۰۸۱	
۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	فاصله از مسیر آبراهه	۰/۰۳۹	معیارها
۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	بارندگی	۰/۱۴۶	
۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	۰/۱۵۷	جمعیت	۰/۱۵۷	
۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	سطح زیرکشت	۰/۲۱۳	

تعیین وزن نهایی معیارها

اهمیت نهایی معیارها در دو دیدگاه فنی و مدیریتی برای قنات‌های دشتی و کوهستانی پس از نرمال‌سازی در جدول ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است. این وزنها نسبت به وزنهای حاصل از فرایند سلسله مراتبی دقیق‌تر می‌باشد زیرا بزرگنمایی برای برخی معیارها مانند دبی ایجاد نشده است (W_C).

جدول(۱۱): ماتریس وزن معیارهای دیدگاه فنی (براساس فرایند تحلیل شبکه‌ای)

$$W_c = \begin{bmatrix} ۰/۰۳۶ \\ /۰۹۳ \\ ۰ \\ ۰/۳۵۶ \\ /۱۹۲ \\ ۰ \\ /۰۵۴ \\ ۰ \\ ۰/۲۶۷ \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{طول} \\ \text{عمق} \\ \text{دبی} \\ \text{کیفیت شیمیایی} \\ \text{فاصله از مسیر آبراهه} \\ \text{بارندگی} \end{matrix}$$

جدول(۱۲): ماتریس وزن معیارهای دیدگاه مدیریتی (براساس فرایند تحلیل شبکه‌ای)

$$W_c = \begin{bmatrix} ۰/۰۲۸ \\ ۰/۰۵۳ \\ ۰/۲۷۹ \\ ۰/۰۸۱ \\ ۰/۰۳۹ \\ ۰/۱۴۶ \\ ۰/۱۵۷ \\ ۰/۱۶۶ \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{طول} \\ \text{عمق} \\ \text{دبی} \\ \text{کیفیت شیمیایی} \\ \text{فاصله از مسیر آبراهه} \\ \text{بارندگی} \\ \text{سطح زیرکشت} \\ \text{جمعیت} \end{matrix}$$

مقایسه دودویی گزینه‌ها بر اساس معیارها

پس از تعیین وزن هر یک از معیارها در گام بعد باید گزینه‌ها بصورت زوجی بر اساس هر معیار مقایسه شوند. برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال‌سازی (Normalize) که در مرحله قبلی توضیح داده شد استفاده می‌شود. پس از نرمال کردن، وزن هر گزینه براساس معیار مورد نظر بدست آمد. جدول ۱۳ نشان‌دهنده ماتریس وزن نسبی معیارهای اولویت‌بندی بازسازی قنات‌های دشتی از دیدگاه مدیریتی است. سایر ماتریس‌ها (قنات‌های دشتی- فنی، کوهستانی- مدیریتی، کوهستانی- فنی) بر اساس اطلاعات به همین ترتیب تشکیل می‌شود.

جدول(۱۳): ماتریس وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به معیارهای اولویت‌بندی بازسازی قنات‌های دشتی از دیدگاه مدیریتی

	طول	عمق	دبی	کیفیت شیمیایی	فاصله از مسیرآبراهه	بارندگی	سطح زیرکشت	جمعیت
بشرویه-بشرویه	۰/۲۴۴	۰/۱۴	۰/۱۹۱	۰/۳۶۶	۰/۰۱۶	۰/۰۳۴	۰/۰۲۹	۰/۳۲
حاجی آباد-بیرجند	۰/۰۲۴	۰/۰۵۳	۰/۱۹۱	۰/۰۲۹	۰/۰۵	۰/۰۸۲	۰/۰۷	۰/۱۷۹
حاجی آباد-نهبندان	۰/۲۴۴	۰/۲۹۷	۰/۱۹۱	۰/۰۲۹	۰/۰۱۶	۰/۰۸۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۱
محمدآباد-درمیان	۰/۰۲۴	۰/۰۵۳	۰/۰۶۸	۰/۱۲۳	۰/۱۷۶	۰/۰۸۲	۰/۲۰۳	۰/۰۵۱
طبسین سفلی-نهبندان	۰/۰۲۴	۰/۰۵۳	۰/۰۶۸	۰/۰۲۹	۰/۰۷۸	۰/۰۲۸	۰/۰۲۹	۰/۰۵۱
علی آباد-نهبندان	۰/۰۵۱	۰/۰۱۶	۰/۰۶۸	۰/۰۲۹	۰/۱۸۵	۰/۰۸۵	۰/۳۵۱	۰/۰۳۱
نوغاب-درمیان	۰/۰۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۶۸	۰/۰۲۹	۰/۰۱۶	۰/۰۸۲	۰/۰۲۹	۰/۲۴۲
ابوالخیری-قاین	۰/۱۱۳	۰/۰۵۳	۰/۰۶۸	۰/۲۲۱	۰/۱۸۵	۰/۲۲۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۱
احمدآباد-درمیان	۰/۱۱۳	۰/۱۴	۰/۰۶۸	۰/۱۰۹	۰/۱۸۵	۰/۰۹۸	۰/۲۰۳	۰/۳۲
حاجی آباد-قاین	۰/۱۱۳	۰/۱۴	۰/۰۱۸	۰/۰۳۷	۰/۰۸۴	۰/۲۰۱	۰/۰۲۹	۰/۰۵۱

امتیاز نهایی و رتبه‌بندی قنات‌های از دو دیدگاه مدیریتی و فنی

درنهایت قنات‌ها از دو دیدگاه مدیریتی و فنی از طریق رابطه‌ی $(W_A \times W_C)$ اولویت‌بندی گردید و امتیاز نهایی و رتبه‌بندی آن مشخص شد (جداول ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ و ۱۷).

جدول(۱۴): ماتریس وزن نهایی و رتبه‌بندی اولویت بازسازی قنات‌های دشتی از دیدگاه فنی

نام قنات-شهرستان	رتبه	وزن نهایی
بشرویه-بشرویه	۱	۰/۱۶۴
حاجی آباد-بیرجند	۳	۰/۱۲
حاجی آباد-نهبندان	۴	۰/۱۱۲
محمدآباد-درمیان	۶	۰/۰۸۳
طبسین سفلی-نهبندان	۱۰	۰/۰۵۹
علی آباد-نهبندان	۵	۰/۰۹۴
نوغاب-درمیان	۷	۰/۰۸۱
ابوالخیری-قاین	۲	۰/۱۳۴
احمدآباد-درمیان	۸	۰/۰۷۹
حاجی آباد-قاین	۹	۰/۰۷۳

جدول(۱۵): ماتریس وزن نهایی و رتبه‌بندی اولویت بازسازی قنات‌های دشتی از دیدگاه مدیریتی

نام قنات-شهرستان	رتبه	وزن نهایی
بشرویه-بشرویه	۱	۰/۱۵۹
حاجی آباد-بیرجند	۲	۰/۱۱۶
حاجی آباد-نهبندان	۶	۰/۱
محمدآباد-درمیان	۵	۰/۱۰۲
طبسین سفلی-نهبندان	۱۰	۰/۰۴۶
علی آباد-نهبندان	۳	۰/۱۲۳
نوغاب-درمیان	۸	۰/۰۸۳
ابوالخیری-قاین	۷	۰/۰۹۲
احمدآباد-درمیان	۴	۰/۱۰۸
حاجی آباد-قاین	۹	۰/۰۶۵

جدول(۱۶): وزن نهایی و رتبه‌بندی اولویت بازسازی قنات‌های کوهستانی از دیدگاه فنی

نام قنات-شهرستان	رتبه	وزن نهایی
ارسک-بشرویه	۲	۰/۱۲۳
درمیان-درمیان	۱	۰/۲۰۲
اردکول-قاین	۳	۰/۱۰۸
گریمنج-قاین	۶	۰/۰۶۳
قنبر-سربیشه	۱۰	۰/۰۳
ششتوک-فردوس	۸	۰/۰۹۵
خوان-درمیان	۷	۰/۰۶
آپو-سرایان	۴	۰/۱۲۸
باراز-قاین	۵	۰/۱۰۸
کنگان-سربیشه	۹	۰/۰۹

جدول(۱۷): ماتریس وزن نهایی و رتبه‌بندی اولویت بازسازی قنات‌های کوهستانی از دیدگاه مدیریتی

نام قنات-شهرستان	رتبه	وزن نهایی
ارسک-بشرویه	۲	۰/۱۶
درمیان-درمیان	۱	۰/۲۴۷
اردکول-قاین	۴	۰/۱۲۶
گریمنج-قاین	۸	۰/۰۶۸
قنبر-سربیشه	۱۰	۰/۰۳۸
ششتوک-فردوس	۶	۰/۰۵۲
خوان-درمیان	۹	۰/۰۵۹
آپو-سرایان	۳	۰/۱۲
باراز-قاین	۵	۰/۰۹۶
کنگان-سربیشه	۷	۰/۰۴۷

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان داده مهم‌ترین چالشی که در حال حاضر در بحث بازسازی قنات‌ها وجود دارد این است که قنات‌هایی مورد بازسازی قرار می‌گیرند که واقعاً در اولویت بازسازی نیستند و این باعث هدرروی سرمایه ملی می‌شود. درحال حاضر به اعتراف کارشناسان، راهکار علمی و مشخصی جهت اولویت‌بندی قنات‌ها وجود ندارد و اولویت‌بندی بر اساس معیارهای محدود صورت می‌پذیرد. این پژوهش به جهت پرکردن خلاء موجود با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای(ANP)، روشی علمی و جدیدی را جهت اولویت‌بندی بازسازی قنات‌ها معرفی می‌کند. رویکرد پیشنهادی می‌تواند

بستر علمی مناسبی جهت کار بیشتر در این موضوع ایجاد نماید. همچنین با استفاده از نتایج این پژوهش قنات‌هایی در اولویت بازسازی قرار می‌گیرند که با هزینه تخصیص یافته می‌تواند به آبدهی مطلوب برسد. در روش ANP، قنات بشرویه شهرستان بشرویه در گروه قنات‌های دشتی از دو دیدگاه مدیریتی و فنی به ترتیب با وزن ۰/۱۵۹ و ۰/۱۶۴ و در گروه قنات‌های کوهستانی، قنات درمیان شهرستان درمیان در هر دو دیدگاه مدیریتی و فنی به ترتیب با وزن ۰/۲۴۷ و ۰/۲۰۲ در اولویت بازسازی قرار گرفت.

منابع

حائری، م. ۱۳۸۶. قنات در ایران. تهران، دفتر پژوهش های فرهنگی، ص ۱۱.

رنجبر نائینی، س.، م. جاریانی، ز. چتر سیماب. ۱۳۹۳، مقایسه نقش قنوات، چاهها و چشمه‌ها در تخلیه سفره-های زیرزمینی.

سعیدی، ع. ۱۳۶۷. آبیاری، دایره المعارف بزرگ اسلامی، تهران، ص ۷۸.

قدسی پور، ح. ۱۳۸۱. مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، چاپ سوم. ص ۶.

گزارشات و مطالعات مربوط به قنوات استان خراسان جنوبی، مدیریت آب و خاک و امور فنی مهندسی، سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی.

زبردست، ا. ۱۳۹۰. کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دوره ۲، شماره ۴۱، ص ۹۰-۷۹

مالکی، ا.، ا. خورسندی. ۱۳۸۴. قنات در ایران، مطالعه موردی قنات‌های شهر تهران، تهران، شرکت پردازش و برنامه ریزی شهری، ص ۵.

Jharkharia, S., R. Shankar. 2007. Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach. Omega, 35, 274 – 289.

Saaty, T. L. 1990. The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburg, pp. 184–192.

Saaty, T. L., M. Takizawa. 1986. Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear networks. European Journal of Operational Research, 26, 229–237.

Saaty, T. L. 1999. Fundamentals of the Analytic Network Process, ISAHP Japan, pp. 12–14.

Schenkerman, S. 1994. Avoiding rank reversal in AHP decisionsupport models. European Journal of Operational Research, 74 (3) , 407–19.

Prioritization of Qanats Reconstruction by Using Network Analysis Process (ANP) ; Case Study South Khorasan

Mojtaba Hassanpour[۱], Hossein Khozeymehnezhad[۲], Abbas Khashei siuki[۳]

Abstract

Extraction of groundwater system using qanats has been used for many years as it invented in the past, with minimum changes. No fundamental change has been performed to reconstruct of qanats along with the advancement of technology. On the other hand, the considerable sums from public funds are spending in order to restore and repair qanats every year. However due to lack of adequate information in this regard, qanats have been restored and repaired that have not been in the reconstruction priority. In this research, the reconstruction of qanats was investigated both in managerial and technical perspective. In any perspective, 10 qanats in the plain's group and 10 qanats in mountain's group are prioritized by using Network Analysis Process (ANP) and Super Decisions software. The used indices for qanats are discharge, length, depth, chemical water quality, precipitation and distance from the river, population and cultivation area. In this study, a new scientific method is introduced to prioritize the reconstruction of qanats. Also by the mentioned method used in this research, qanats that are in the prioritization of reconstruction can reach the desired discharge with allocation costs. In this research, in the ANP method, Boshrooyeh qanat in the plain group from two managerial and technical perspective with a weightage of 0.159 and 0.164 respectively and Darmian qanat in the mountain group from two managerial and technical perspective with a weightage of 0.247 and 0.202 respectively are in the prioritization of reconstruction.

Keywords: ANP , Managerial, Prioritization of Reconstruction, Qanat, Technical.

[1] MSc. Water Resources Engineering, University of Birjand, Iran,. mbohlool69@yahoo.com

[2] Assistant Professor of Water Engineering, University of Birjand, Iran, . hkhozeymeh@birjand.ac.ir

3 Assistant Professor of Water Engineering, University of Birjand, Iran, abbaskhashei@birjand.ac.ir